



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der
europäischen Patentschrift

⑧ EP 0 387 148 B1

⑩ DE 690 02 842 T 2

⑤ Int. Cl.⁸:
B 60 J 1/00
E 06 B 3/66

②① Deutsches Aktenzeichen:	690 02 842.3
⑧⑥ Europäisches Aktenzeichen:	90 400 615.2
⑧⑥ Europäischer Anmeldetag:	7. 3. 90
⑧⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA:	12. 9. 90
⑧⑦ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	25. 8. 93
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	7. 4. 94

DE 690 02 842 T 2

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
10.03.89 FR 8903137

⑦③ Patentinhaber:
Saint-Gobain Vitrage International, Courbevoie, FR

⑦④ Vertreter:
Herrmann-Trentepohl, W., Dipl.-Ing., 44623 Herne;
Kirschner, K., Dipl.-Phys.; Grosse, W., Dipl.-Ing.;
Bockhorni, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 81476
München

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
BE, DE, ES, FR, GB, IT, LU, SE

⑦② Erfinder:
Rehfeld, Marc, F-95460 Ezanville, FR; Canaud,
Michel, F-75116 Paris, FR

⑤④ Schallschutzverglasung für Kraftfahrzeuge.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II 5 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 02 842 T 2

EP 90400615.2

Die Erfindung betrifft eine Verglasung für ein Fahrzeug insbesondere für ein Automobil mit verbesserten akustischen Schutzwirkungen, besonders in Bezug auf Lärm von aerodynamischem Ursprung.

Unter allen Qualitäten, die zum Komfort in modernen Transportmitteln wie Zügen oder Automobilen beitragen, gewinnt die Ruhe immer mehr an Bedeutung. In der Tat sind die anderen Quellen des Mißbehagens von mechanischer, thermischer oder sichtbarer Ursache mehr und mehr beherrschbar geworden. Doch die Verbesserung des akustischen Komforts stellt neue Schwierigkeiten dar, wobei der Lärm selbst wie Motorlärm, Abrollgeräusche oder Geräusche von der Aufhängung schon an seinem Ursprung oder auf dem Weg ihrer Verbreitung, sei es in der Luft (insbesondere durch absorbierende Ausfütterung) oder in Festkörpern (Verbindungsstück aus Elastomeren beispielsweise) bekämpft wird. Der aerodynamische Lärm, der durch die Reibung der Luft an dem sich bewegenden Fahrzeug entsteht, wurde mindestens zum Teil ebenfalls an seiner Quelle bekämpft, das heißt um Energie einzusparen, sind die Formen modifiziert worden, womit das Durchdringen durch die Luft verbessert wurde und die Turbulenzen, die ihrerseits Quellen von Lärm sind, vermindert wurden.

Währenddessen wurde sowohl in der Konzeption der modernen Schnellzugwagen wie auch bei den Automobilen alles, was die Quellen des aerodynamischen Lärmes betrifft, getan; was übrigblieb, ist nicht zu vermindern, weil der Lärm entweder von Laminarströmungen herrührt oder weil die Reduktion der verbleibenden Turbulenzen unangemessene Maßnahmen erfordert und daher zu Kosten führt, die mit der Rentabilität des betrachteten Projektes nicht zu vereinbaren sind.

- 2 -

Bei den Fahrzeugwänden, die die äußeren Quellen des aerodynamischen Lärms vom Innenraum mit den Passagieren abtrennen, sind die Scheiben offensichtlich am schwierigsten zu behandeln. Dort kann man keine wattigen oder fasrige Absorptionsmittel verwenden, die den undurchsichtigen Wänden vorbehalten sind, und aus Gründen des Gewichts oder des Praktischen kann die Dicke dort nicht beliebig erhöht werden. Die Erfindung schlägt eine Verglasung vor, die eine gute Isolation gegen den Lärm von aerodynamischem Ursprung aufweist, ohne daß ihr Gewicht und/oder ihre Dicke zu sehr erhöht wird.

Die Verglasung gemäß der Erfindung wird durch die Verbindung von zwei monolithischen Glasscheiben mit einer Luftlamelle gebildet, wobei die Dicken der Glasscheiben um mehr als 20 % voneinander abweichen, so daß ihr akustischer Dämpfungsindex für Frequenzen oberhalb von 800 Hertz nicht um mehr als 5 Dezibel von einem Bezugsindex differiert, der 9 Dezibel pro Oktav bis 2000 Hertz und drei Dezibel pro Oktav bei höheren Frequenzen abdämpft. Außerdem bleibt vorzugsweise die Standardabweichung σ der Differenzen ihres akustischen Dämpfungsindex zum Bezugsindex unterhalb von 9 Dezibel. In einer Ausführungsform umfaßt sie ein einfaches Glas von 2,6 mm im Verbund mit einem einfachen Glas von 3,2 mm und in einer anderen Form ein einfaches Glas von 3,2 mm verbunden mit einem einfachen Glas von 3,9 mm.

Nach einer Variante umfaßt die Glasscheibe zwei monolithische Glasscheiben, deren Dicke um mindestens 40 % voneinander abweichen. So kann sie aus einer Scheibe von 2 mm in Verbindung mit einer Scheibe von 3 mm mit einer Luftlamelle von 3 mm Dicke gebildet werden.

Eine andere Ausführungsform einer Glasscheibe gemäß der Erfindung umfaßt eine Schichtverglasung deren Zwischenschicht eine Biegedämpfung $= \Delta f / f_c$ größer als 0,15 aufweist, wobei die Messung durch Schockanregung eines Schichtstabes von 19 cm Länge und 3 cm Breite aus Schichtglas durchgeführt wird,

- 3 -

wo das Harz sich zwischen zwei Gläsern befindet, die jeweils 4 mm dick sind und durch Messung von f_c , der Resonanzfrequenz der ersten Mode und f , der Breite der Spitze bei einer Amplitude von $A/\sqrt{2}$, wobei A die Maximumsamplitude bei der Frequenz f_0 ist, in der Weise, daß ihr akustischer Dämpfungsindex für Frequenzen über 800 Hz sich nicht um mehr als 5 dB von einem Bezugsindex unterscheidet, der 9 dB pro Oktav bis 800 Hz und 3 dB pro Oktav bei höheren Frequenzen abdämpft. Außerdem liegt vorzugsweise die Standardabweichung σ der Differenzen der akustischen Dämpfungsindizes gegenüber dem Bezugsindex unterhalb von 4 dB. Die Dicke der beiden Scheiben kann identisch sein. Gemäß einer Variante kann die gemeinsame Dicke gleich 2,2 mm betragen.

Eine Form der Ausführung der gewünschten Dämpfung umfaßt die Verwendung einer zwischengefügten Zusammensetzung aus einem Teil eines thermoplastischen Harzes, das aus Kopolymerisation von 80 bis 98,5 Gew-% von Vinylchlorid und 1 bis 10 % Methacrylat-Glucodyl ebenso wie 0,5 bis 10 % Äthylen gewonnen wurde und anderenteils 10 bis 40 Gew-% eines Plastifikators enthält.

Die nachfolgenden Figuren und die Beschreibung der Erfindung erlauben ein Verständnis der zu lösenden technischen Probleme und wie man dazu gekommen ist, die erfindungsgemäße Lösung vorzuschlagen.

Figur 1 zeigt das Standardstraßenlärmspektrum in den mittleren und oberen Bereichen.

Figur 2 stellt ein Lärmspektrum dar, das im Inneren eines Automobils mit mäßiger Geschwindigkeit gemessen wurde.

Figur 3 stellt das Spektrum dar, das man im Innern eines Fahrzeugs von großer Geschwindigkeit zu erzielen wünscht.

- 4 -

Figur 4 zeigt den akustischen Dämpfungsindex wie er gemäß der Erfindung erreicht werden kann.

Figur 5 stellt ein Verfahren dar, womit die Dämpfung bei der kritischen Frequenz der Harze bestimmt werden kann, die eine Verwirklichung der Schichtverglasung gemäß der Erfindung erlauben.

Figuren 6 und 7 zeigen ebenfalls dieses Verfahren.

Die im Innern eines schnellbewegten Bodenfahrzeugs wahrgenommenen Geräusche haben vielfältige Ursachen, wobei jedes gemäß seinem Ursprung eine bestimmte Zone im akustischen Frequenzspektrum berührt. Im allgemeinen führen beispielsweise in einem Auto die Geräusche aufgrund der Mechanik, des Motors und der Transmission zu Schall von niedriger Frequenzen und selbst zu Infraschall, wohingegen die Geräusche mit aerodynamischem Ursprung aufgrund der Reibung des Fahrzeuges in Luft mehr die oberen Frequenzen anspricht.

Wenn man solche Geräusche an ihrer Quelle, in unmittelbarer Nähe und außerhalb der Wände des sich bewegenden Fahrzeuges untersuchen will, stößt man auf extreme experimentelle Schwierigkeiten aufgrund der Reibung der Mikrophone in der Luft, weshalb man zu indirekten Mitteln greifen muß, wie beispielsweise das sogenannte 'Doppellastverfahren'. Es besteht aus zwei hintereinander folgenden Lärmmessungen im Innern des Fahrzeuges, wobei die erste im haltenden Fahrzeug erfolgt und wobei die äußeren Lärmquellen genau bekannt sind. Diese erste Messung erlaubt den Zugriff auf die Charakteristiken der akustischen Dämpfung der gesamten Karosserie. Die zweite Messung wird bei der gewählten Geschwindigkeit und unter realistischen Bedingungen ausgeführt. Sie erlaubt aufgrund der Inversionsrechnung die Bestimmung, welches genau das äußere Lärmpektrum ist, dessen Wirkung man in Inneren feststellt.

- 5 -

Wird ein solches Verfahren für einen komfortablen Wagen angewendet, das heißt, bei dem die Lärmquellen von anderem Ursprung als dem aerodynamischen auf ein Maximum reduziert wurden, dann zeigt sich, daß bei einer Geschwindigkeit in der Größenordnung von 130 km/h der aerodynamische, äußere Lärm in den Spitzenbereichen sich ziemlich wenig von dem normalen Straßenlärm unterscheidet, wie er gewöhnlich angegeben wird. So ist insbesondere der Standardstraßenlärm nach der französischen Norm NF-S 31051 sehr nahe dem aerodynamischen Lärm. Ein solcher Lärm ausgedrückt in dB(A) ist in Figur 1 dargestellt (die sehr hohen Frequenzen sind extrapoliert).

Nachdem die Geräusche von aerodynamischem Ursprung im wesentlichen aufgrund der Strömung der Luft an den Wänden entstehen, kann man erwarten, daß das Spektrum der aerodynamischen Geräusche eines Eisenbahnwagens sich wenig von denen eines Automobils unterscheidet. Verifikationen haben gezeigt, daß das der Fall ist. Daraus folgt, daß die Entwicklungen für Verglasungen sowohl für Eisenbahnwagen wie auch für Straßenfahrzeuge gelten.

Die Empfindung des akustischen Komforts hängt von der individuellen Wahrnehmung eines jeden ab. Die Studien zum Komfort in schnell bewegten Fahrzeugen zeigen, daß ein Fahrzeug als ruhig empfunden wird, wenn zwei Bedingungen erfüllt sind: Zum einen, wenn der mittlere Geräuschpegel niedrig ist und zum anderen, wenn die Kurve das Spektrum wiedergibt, regelmäßig ist, ohne daß eine Frequenz aus dem Gesamten herausragt. So zeigt BRYAN beispielsweise (A tentative criterion for acceptable noise levels in passenger vehicles - JOURNAL OF SOUND AND VIBRATION 1977 - 48 (4) p. 525) ein Lärmspektrum, das in einem Fahrzeug bei 100 km/h gemessen wurde und von den Benutzern als ruhig empfunden wurde. Figur 2 zeigt das Spektrum ausgedrückt in dB(A).

Um die Bedingungen des akustischen Komforts bei erhöhter Geschwindigkeit zu erfüllen, hat sich der Anmelder eine Aufgabe

- 6 -

gestellt, die die obigen Beobachtungen berücksichtigt. Es hat sich tatsächlich herausgestellt, daß, wenn es gelingt im Inneren eines Fahrzeuges, das mit großer Geschwindigkeit fährt, ein Spektrum zu erzielen, das ähnlich einem solchen ist, das den Eindruck von Ruhe in einem Fahrzeug mit mittlerer Geschwindigkeit ergibt, der akustische Komfort erzielt wird. Figur 3 zeigt das zu erreichende Ziel ausgedrückt in dB(A). Es ist das Lärmspektrum, das man im Inneren eines sich mit erhöhter Geschwindigkeit bewegendes Fahrzeugs zu erreichen wünscht, wobei der äußere Lärm ein mit Figur 1 vergleichbares Spektrum aufweist.

Der Anmelder hat gefunden, daß die Scheiben eines Fahrzeuges, die diese Bedingungen erfüllen, einen akustischen Dämpfungsindex aufweisen müssen, dessen darstellende Kurve so wenig wie möglich von der Kurve aus Figur 4 abweichen sollte. Diese wird durch eine Neigung von 9 dB pro Oktav zwischen 800 und 1000 Hz und 3 dB pro Oktav zwischen 2000 und 10000 Hz gekennzeichnet. Das Niveau der Kurve (36 dB bei 1600 Hz auf der Figur 4) ist weitaus unbedeutender für den subjektiven Komfort der Passagiere als ihr Verlauf, das heißt ihre beiden aufeinanderfolgenden Neigungen und vor allem die Regelmäßigkeit, die das Fehlen von isoliert auftretenden Frequenzen garantiert. Eine Kurve, die im Großen und Ganzen parallel zu sich selbst nach unten versetzt verlief, wäre weniger befriedigend, aber befände sich in Übereinstimmung mit der Erfindung und gäbe nichtsdestoweniger einen guten Eindruck vom Komfort. Ebenso würde eine nach oben verschobene Kurve den Komfort verbessern, ohne aus dem Rahmen der Erfindung zu fallen.

Unter den Verglasungen, die geeignet sind, den vorangegangenen Kriterien zu entsprechen, findet man die einfachen Scheiben, die Isolierscheiben und die Schichtgläser.

Tabelle 1

Frequenz akustische Dämpfungsindizes (dB)

- 7. -

(Hz)	0	1	2	3	4	5	6	7
800	27	31	33	32	32	32	27	27
1000	30	35	36	35	36	36	30	31
1250	33	36	37	36	36	36	31	33
1600	36	35	38	36	37	37	34	35,5
2000	39	33	39	36	38	37,5	38	38,5
2500	40	32	39	35	39	38	41	40,5
3150		41	33	39	35	39	37,5	40 39
4000		42	35	38	35	40	38,5	39 37,5
5000		43	38	36	38	39	39	42 40
6300		44	40	38	41	41	41	43 42
8000		45	45	41	44	43	44	43 44,5
10000		46	47	45	49	47	48	46 47,5

Die Tabelle 1 zeigt die akustischen Dämpfungsindizes für verschiedene Typen von Verglasungen. Sie stehen in der Reihenfolge:

Nr. 0: akustische Dämpfung gemäß der Erfindung 9 dB, dann 3 dB pro Oktav

Nr. 1: Glasscheibe (gegebenenfalls gehärtet) von 5 mm Dicke

Nr. 2: Schichtglas 2,2 - 1,5 - 2,6 mit Polyurethanharz

Nr. 3: Schichtglas 2,2 - 0,76 - 2,2 mit PVB bei 25 °C

Nr. 4: Schichtglas 2,2 - 0,76 - 2,2 mit PVB bei 35 °C

Nr. 5: Schichtglas 2,2 - 1,1 - 2,2 mit spezial PVC Harz

Nr. 6: Isolierglas 2,0 (3) 3,2 und

Nr. 7: Isolierglas 2,6 (3) 3,2

(Die vorangegangenen Zahlen entsprechen der Dicke in Millimetern, wobei diese Dicken als Beispiele gegeben sind; sie können deutlich verändert werden, ohne daß der Rahmen der Erfindung verlassen wird. Diese Bemerkung bezieht sich auf die Verglasung 4, 5, 6 und 7).

- 2 -

Die Messungen der akustischen Dämpfungsindexe wurden nach der Norm ISO-140 in einer entsprechenden Vorrichtung auf Proben der Dimension 80 x 50 cm ausgeführt.

Die Proben von einfachem Glas aus Silizium-Natrium-Kalzid von 5 mm Dicke wurden einer traditionellen Wärmeaushärtung ausgesetzt.

Die Proben 3 und 4 sind Schichtgläser auf der Basis von Polyvinylbutyral (PVB), wobei die Dicke des Films 0,76 mm beträgt. Um die akustischen Eigenschaften abzuwandeln, insbesondere 'die Biegungssdämpfung bei der kritischen Frequenz', die weiter unten definiert wird, wurde die Temperatur der Probe bei der Messung erhöht.

Ebenso sind die Proben 2 und 5 Schichtgläser, bei denen die Zwischenschicht von unterschiedlicher Art ist, um verschiedene akustische Eigenschaften zu erhalten. Die Zwischenschicht der Probe Nr. 2 ist ein thermoplastisches Polyurethan von einer Dicke von 1,5 mm des Typs MORTHANE PE 192 von der Gesellschaft MORTON THIOKOL. Bei der Probe Nr. 5 ist die Zwischenschicht ein Film auf der Basis von Polyvinylchlorid (PVC), das entsprechend der Beschreibung des Patentes US-A-4 382 996 verändert wurde. Es handelt sich um eine Zusammensetzung aus einem Teil eines thermoplastischen Harzes, das aus der Kopolymerisation von 80 bis 98,5 Gew-% von Vinylchlorid und 1 bis 10 Gew-% Methacrylat Glucodyl ebenso wie 0,5 bis 10 Gew-% Äthylen gewonnen wurde und anderenteils 10 bis 40 Gew-% eines Plastifikators enthält. Seine Dicke beträgt 1,15 mm.

Die Proben 6 und 7 stellen traditionelles Isolierglas dar, nur daß ihre Luftlamelle aus Platzgründen auf 3 mm reduziert wurde und ihre Dicke aus akustischen Gründen gewählt wurde.

Die als Zwischenschicht verwendeten Harze wurden aufgrund ihrer unterschiedlichen Dämpfungseigenschaften gewählt. Im folgenden wird mit Bezug auf Figur 5 das Verfahren beschrieben,

- 9 -

das die Wahl eines brauchbaren Harzes im Rahmen der Erfindung erlaubt. Es ist bekannt, daß die von einem Objekt, das einem Schock ausgesetzt wurde, aufgenommene Energie ein Vibrationsphänomen auslöst und daß bald nach dem Schock das wieder freigewordene Objekt seinen Eigenmoden folgt. Jeder Mode ist mit einer Vibrationsfrequenz verbunden. Die Amplitude der Vibration hängt von der anfänglichen Anregung ab, das heißt von der spektralen Zusammensetzung des Schocks (Amplitude des Schocks bei der untersuchten Frequenz) und von der Zone des Auftreffens des Schocks, wobei die normale Deformation mehr oder weniger groß ist, je nach dem, ob der Schock bei einem Bauch oder einem Knoten der Vibration passiert.

Damit ein Eigenmode angeregt wird, muß:

1. die Deformation an einem Auftreffpunkt ausgelöst werden, der nicht auf einen Vibrationsknoten der Mode liegt,
2. das Energiespektrum des Schocks eine Komponente bei der Resonanzfrequenz der Mode aufweisen.

Diese letzte Bedingung ist ebenfalls erfüllt, und für einen an seinen Enden freien Stab genügt es beispielsweise eine der Enden anzustoßen, um alle Moden anzuregen.

In Wirklichkeit können höchstens die ersten zehn Moden gemessen werden. Die Vibrationsenergie von einem Schock verliert sich im Laufe der Zeit und um so schneller, wenn das Material noch gedämpft ist.

Für ein gegebenes Material verlieren sich die Moden um so schneller, je höher die assoziierten Resonanzfrequenzen sind, und zwar in der Weise, daß am Ende einer bestimmten Zeit und während einer bestimmten Dauer nur die erste Mode übrig bleibt.

Das Prinzip der Messung besteht daher daraus, die Vibrationsfrequenzen eines schockangeregten Stabes zu analysieren und die Position der Resonanzfrequenzen (Frequenzen, für welche

- 10 -

die Amplitude der Vibration deutlich größer ist als für den Rest des Spektrums) zu finden.

Um die Messung durchzuführen (Figur 5) benutzt man hintereinander Stäbe 20 von 9 cm Länge und 3 cm Länge, zuerst aus einem Glas von 4 mm Dicke, dann von einem Schichtglas 4-X-4, in welchem die Glasbänder von 4 mm Dicke durch eine Schicht von X Millimeter Dicke aus dem zu untersuchenden Harz verbunden sind.

Der Stab 20 ruht auf zwei Schaummaterialträgern 21, die genau an den Knoten der Vibration der ersten Mode (Fundamentalmode) der dynamischen Reflexion des Stabes aufgestellt sind. Dieser wird durch einen Schock angeregt, der durch Anstoßen von einem seiner freien Enden durch ein Objekt 22 wie beispielsweise ein Lineal ausgeführt wird.

Die momentane Antwort des Stabes auf diese Anregung wird von einem Mikrofon 23, das auf einem Träger 24 sehr nahe der Oberfläche des Stabes 20 in der Mitte desselben (Druckbauch) steht. Das momentane Signal, das vom Mikrofon 23 aufgenommen wurde, wird durch den Verstärker 25 verstärkt und dann durch den Fourieranalysator 26 frequenzweise analysiert.

Im allgemeinen werden ein Dutzend Versuche für den gleichen Stab 20 ausgeführt, um den Einfluß des äußeren Lärms zu reduzieren.

Wie man auf den Figuren 6 und 7 sieht, können durch die erhaltenen Kurven, die die Amplitude A der Vibration in Abhängigkeit von der Frequenz derselben jeweils für einen Stab aus monolithischen Glas und für einen Stab aus Schichtglas mit einem zu testenden Harz im Rahmen der Erfindung zeigen, die Resonanzfrequenz der Fundamentalmode der Biegevibration (kritische Frequenz) mit Genauigkeit bestimmt werden. In dem gezeigten Beispiel ist die kritische Frequenz des Stabes aus Schichtglas gleich 2472 Hz.

- 11 -

Der Test, der im folgenden beschrieben wird und von einer großen Einfachheit für die Verwirklichung ist, erlaubt die Bestimmung der Dämpfung der Biegung des Stabes 20, die man durch das Verhältnis $\Delta f/f_c$ definiert, wo Δf die Differenz der Frequenzen darstellt, die einer Amplitude gleich derjenigen der kritischen Frequenz f_c geteilt durch $\sqrt{2}$ darstellt.

Die Meßergebnisse des akustischen Dämpfungsindex von Tabelle 1 erlauben für jede Frequenz die Berechnung der positiven oder negativen Differenz zwischen dem Bezugsindex (Spalte 0) und des Indexes eines gegebenen Produktes (Nr. 1 bis 7).

Für jede Verglasung* berechnet man anschließend die Differenz der extremen Werte dieser berechneten Differenzen von jeder Frequenz.

So ist beispielsweise für die Verglasung Nr. 1 der größte positive Wert für 1000 Hz gegeben und beträgt +5. Der kleinste negative Wert bei 2500 wie bei 3150 Hz ist -8; die Differenz der Extremen ist daher $5 - (-8) = 13$ und die Abweichung in Bezug auf den Bezugsindex ist daher in diesem Fall 6,5 dB. Es ist in der Tat möglich die Referenzkurve so zu verschieben, daß die positiven und negativen Abweichungen denselben Absolutwert, hier gleich 6,5 dB, aufweisen. Man kann also sehen, daß wenn man von der 'Differenz der Extremen' mit einem Wert E für eine gegebene Verglasung spricht, dieses bedeutet, daß der akustische Dämpfungsindex der fraglichen Verglasung für keine Frequenz um mehr als $E/2$ dB vom Bezugsindex abweicht.

Für jede Verglasung wurde ebenfalls der Mittelwert der fraglichen Differenzen berechnet.

Außerdem wurde in jedem Fall die Standardabweichung σ für alle Differenzen berechnet. Dieser Wert ist sehr interessant, denn er gibt das Heraustreten bestimmter Frequenzen aus dem

.. 12 -

Lärmspektrum wieder, so wie es in dem bewegtem Fahrzeug wahrgenommen wird. Wenn das Spektrum regulär ist, ist die Standardabweichung klein, wenn jedoch umgekehrt das Spektrum sehr gestört ist, steigt σ an.

	Differenz Mittelwert		Standardabweichung Dämpfung	
	der	der		der
	Extremen	Differenz		Differenz
	E(dB)	(dB)	σ (dB)	%
1	13	-2,2	4,6	
2	13	-0,6	4,2	12
3	13	-1,2 ^k	4,2	16
4	10	-0,1	3,0	19
5	10	-0,1	3,3	20
6	4	-1,0	1,1	
7	5,5	-0,6	1,7	

Die Tabelle zeigt die Ergebnisse für die sieben betrachteten Beispiele. Es wurde ebenfalls die gemessene Dämpfung für die in den Schichten 2, 3, 4 oder 5 verwendeten Harze gemessen.

Diese Ergebnisse zeigen zum einen Teil, das sehr gute Verhalten der Isolierverglasungen, die wenig von der Zielkurve abweichen (Mittelwert der Differenzen -1,0 und -0,6 dB jeweils), aber vor allem ist die Standardabweichung ihrer Differenzen bemerkenswert gering (jeweils 1,1 und 1,7 dB). Die zweit zitierten Beispiele (Verglasung 6 und 7) sind nicht alles; man bemerkt ebenfalls das gute Verhalten der anderen Kombinationen wie beispielsweise 3,2 und 3,9 mm.

Das monolithische Glas von 5 mm zeigt sich mittelmäßig. Mit den Schichtverglasungen zeigt sich vor allem der bestimmende Einfluß der Dämpfung auf die Standardabweichung der Differen-

- 13 -

zen, das heißt, in Wirklichkeit auf die Dispersion dieser Differenzen und daher auf das Auftreten von störenden Frequenzen des resultierenden Lärmspektrums. Das thermoplastische Polyurethanharz, Verglasung Nr. 2, mit einer Dämpfung von 12 % liefert erhöhte Differenzen der Extremen E und der Standardabweichung (jeweils 13 dB bzw. 4,2 dB). Umgekehrt kann mit einem gleichen Harz, dem Polyvinylbutyral, unter Variation einzig der Temperatur, die von 25°C (Verglasung Nr. 3) bis 35 °C (Verglasung Nr. 4), eine Verbesserung von 28 % von σ festgestellt werden. Diese Verbesserung beruht einzig und allein auf der Variation der Dämpfung bei der Koinzidenzfrequenz, die von 16 nach 19 % sich ändert, wenn die Temperatur des PVB erhöht wird.

In der Praxis ist es jedoch notwendig ein Produkt einzufügen, das seine Eigenschaften im Bereich der wichtigen Temperaturen beibehält.

Das modifizierte PVC der Verglasung Nr. 5 zeigt erhöhte Dämpfungseigenschaften (20 %) in einem sehr breiten Temperaturbereich und gibt daher eine für das Problem des akustischen Schutzes für ein Fahrzeug gegen den aerodynamischen Lärm eine sehr befriedigende Antwort.

Außerdem bringt die allgemeine Benutzung einer Schichtverglasung für ein Fahrzeug offensichtliche zusätzliche Vorteile: für Eisenbahnwagen vermindert es das Risiko des Herausstehens von Fragmenten im Falle eines gewalttätigen Zerbrechens, wie es der Fall mit gehärteten Gläsern wäre, für ein Automobil verzögert es einen Einbruch, das heißt, wenn jemand durch Einbruch in das Innere eines abgestellten Fahrzeuges eindringen will, um dort einen Diebstahl zu begehen, braucht er eine deutlich längere Zeit, wenn alle Scheiben Schichtverglasungen sind.

Wie man sieht, schlägt die Erfindung eine allgemeine Lösung für das Problem der akustischen Isolierung gegen den aerody-

- 14 -

namischen Lärm eines Bodenfahrzeugs von großer Geschwindigkeit vor. Diese Lösung wurde anhand zweier angepaßter Verglasungstypen konkretisiert, der eine gehört zur Familie der verbesserten thermischen Isolierverglasungen: Isolierverglasung mit Luftlamelle, der andere gehört zu jenen der Einbruchverzögerungsverglasungen: Schichtverglasungen mit dazwischen gefügtem Kunststoffmaterial.

- 15 -

EP 90400615.2

Patentansprüche

1. Verglasung zum akustischen Schutz für ein Fahrzeug gegen den aerodynamischen Lärm, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Verbindung aus zwei monolithischen Glasscheiben mit einer Luftlamelle umfaßt, wobei die Dicken der beiden Glasscheiben um mehr als 20 % voneinander abweichen, sodaß ihr akustischer Dämpfungsindex für Frequenz oberhalb von 800 Hertz nicht um mehr als 5 dB von einem Bezugsindex differiert, der 9 dB pro Oktave bis 2000 Hz und 3 dB pro Oktave bei höheren Frequenzen abdämpft.
2. Verglasung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Standardabweichung σ der Differenzen ihres akustischen Dämpfungsindex zum Bezugsindex unterhalb von 4 dB liegt.
3. Verglasung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein einfaches Glas von 2,6 mm verbunden mit einem einfachen Glas von 3,2 mm umfaßt.
4. Verglasung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein einfaches Glas von 3,2 mm verbunden mit einem einfachen Glas von 3,9 mm umfaßt.
5. Verglasung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie zwei monolithische Gläser umfaßt, deren Dicke sich um mindestens 40 % unterscheidet.

- 16 -

6. Verglasung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Glas von 2 mm verbunden mit einem Glas von 3 mm umfaßt.
7. Verglasung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftlamelle eine Dicke von 3 mm aufweist.
8. Verglasung zum akustischen Schutz für ein Fahrzeug gegen den aerodynamischen Lärm, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Schichtverglasung umfaßt, bei der der dazwischenliegende Kunststoff eine Reflektionsdämpfung $= f/f_c$ größer als 0,15 aufweist, wobei die Messung durch Schockanregung eines Schichtstabes von 9 cm Länge und 3 cm Breite aus Schichtglas durchgeführt wurde, wo das Harz sich zwischen zwei Gläsern befindet, die jeweils 4 mm dick sind und durch Messung von f_c , der Resonanzfrequenz der ersten Mode und f , der Breite der Spitze bei einer Amplitude $A/\sqrt{2}$, wobei A die Maximumsamplitude bei der Frequenz f_0 ist, in der Weise, daß ihr akustischer Dämpfungsindex für Frequenz über 800 Hz sich nicht um mehr als 5 dB von einem Bezugsindex unterscheidet, der 9 dB pro Oktave bis 800 Hz und 3 dB pro Oktave bei höheren Frequenzen abdämpft.
9. Verglasung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Standardabweichung σ der Differenzen der akustischen Dämpfungsindizes gegenüber dem Bezugsindex unterhalb von 4 dB liegt.
10. Verglasung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß sie zwei Gläser von identischer Dicke gleich 2,2 mm umfaßt.
11. Verglasung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der dazwischenliegende Kunststoff auf der Basis einer Zusammensetzung beruht, die einenteils

- 17 -

ein thermoplastisches Harz enthält, das aus der Kopolymerisation von 80 bis 98,5 Gew.-% von Vinylchlorid und 1 bis 10 % Methacrylat-Glucodyle ebenso wie 0,5 bis 10 % Ethylen gewonnen wurde, und anderenteils 10 bis 40 Gew.-% eines Plastifikators enthält.

- 18 -

EP 90400615.2

FIG.1

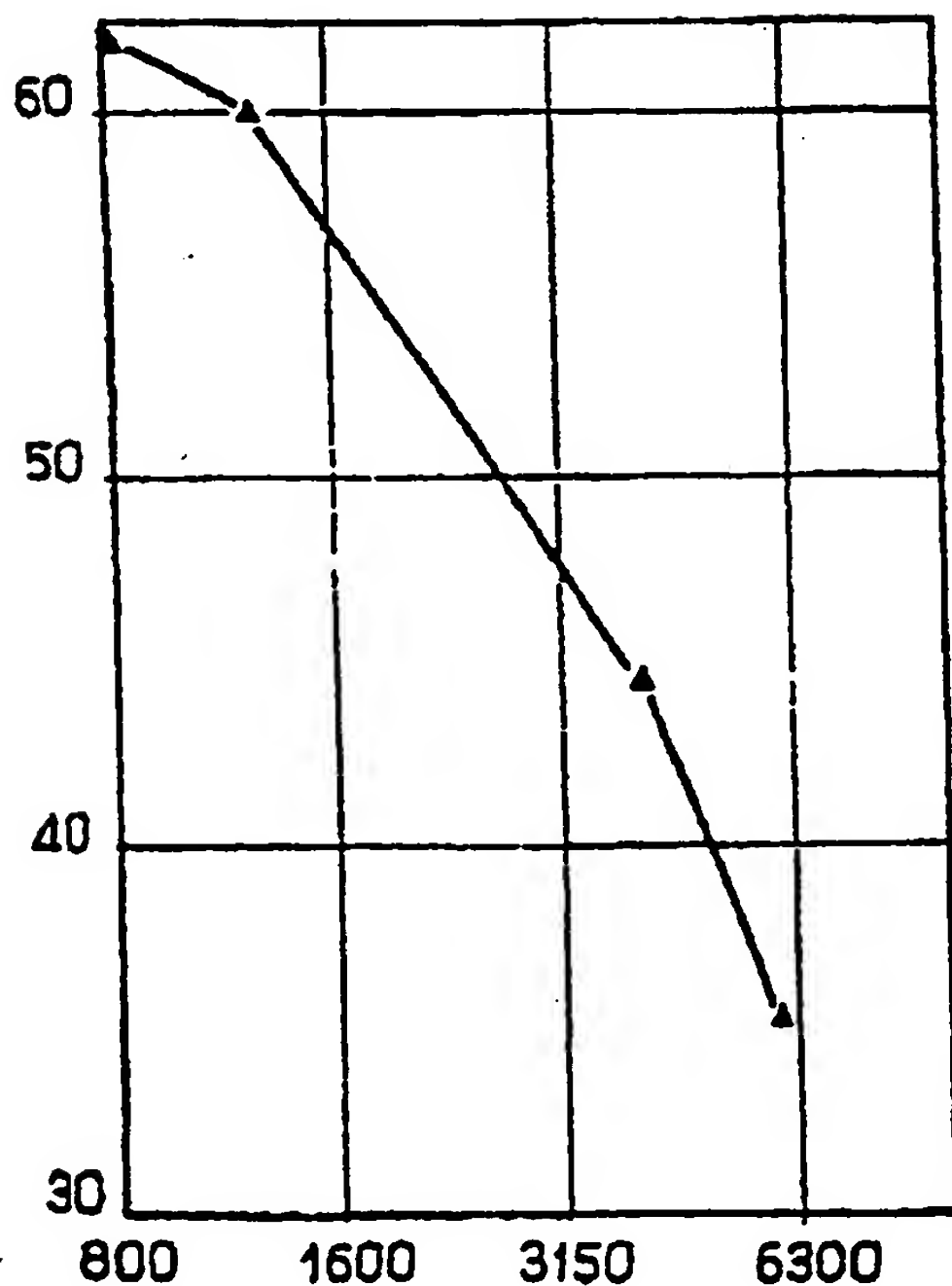
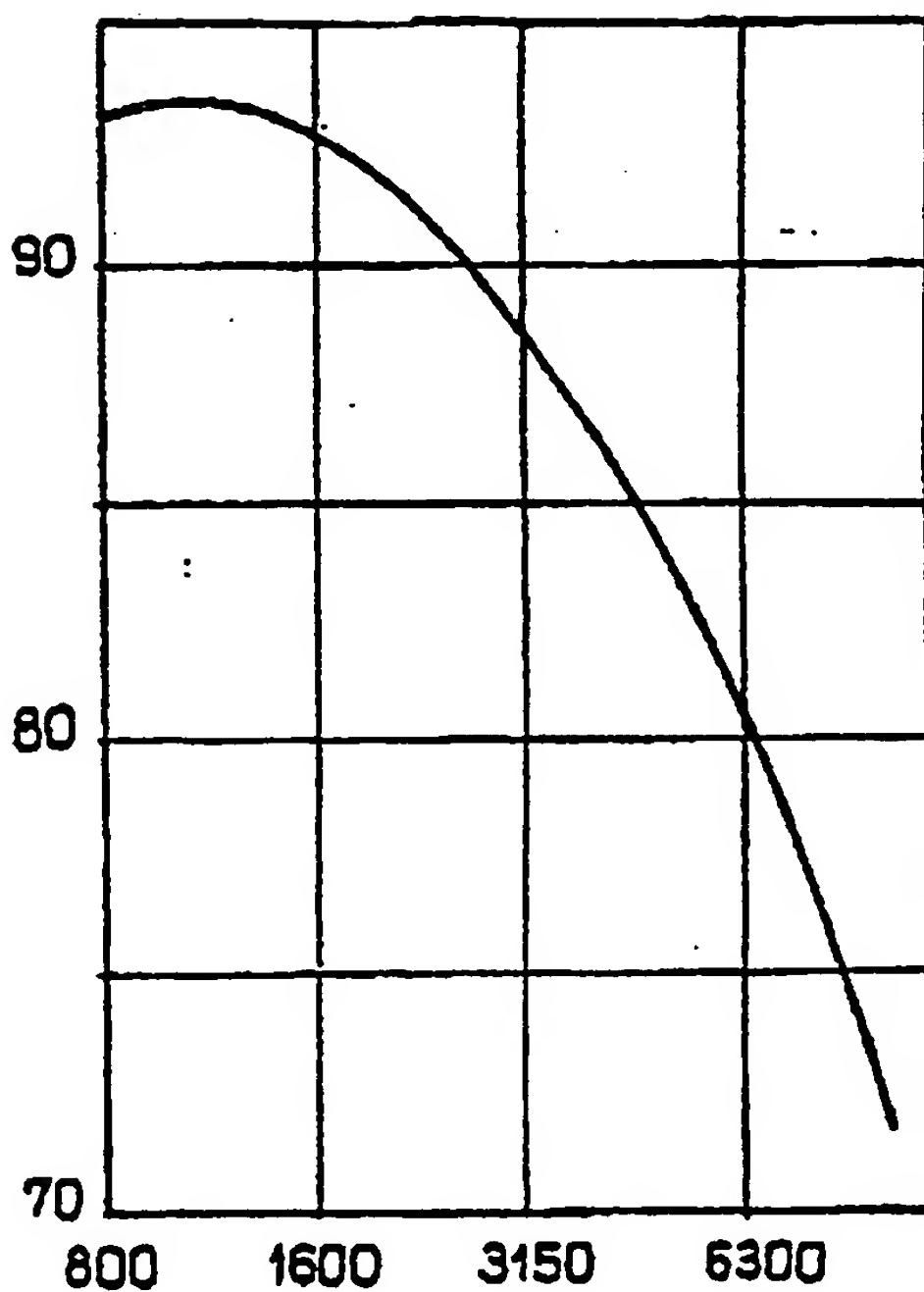


FIG.2

- 19 -

FIG.3

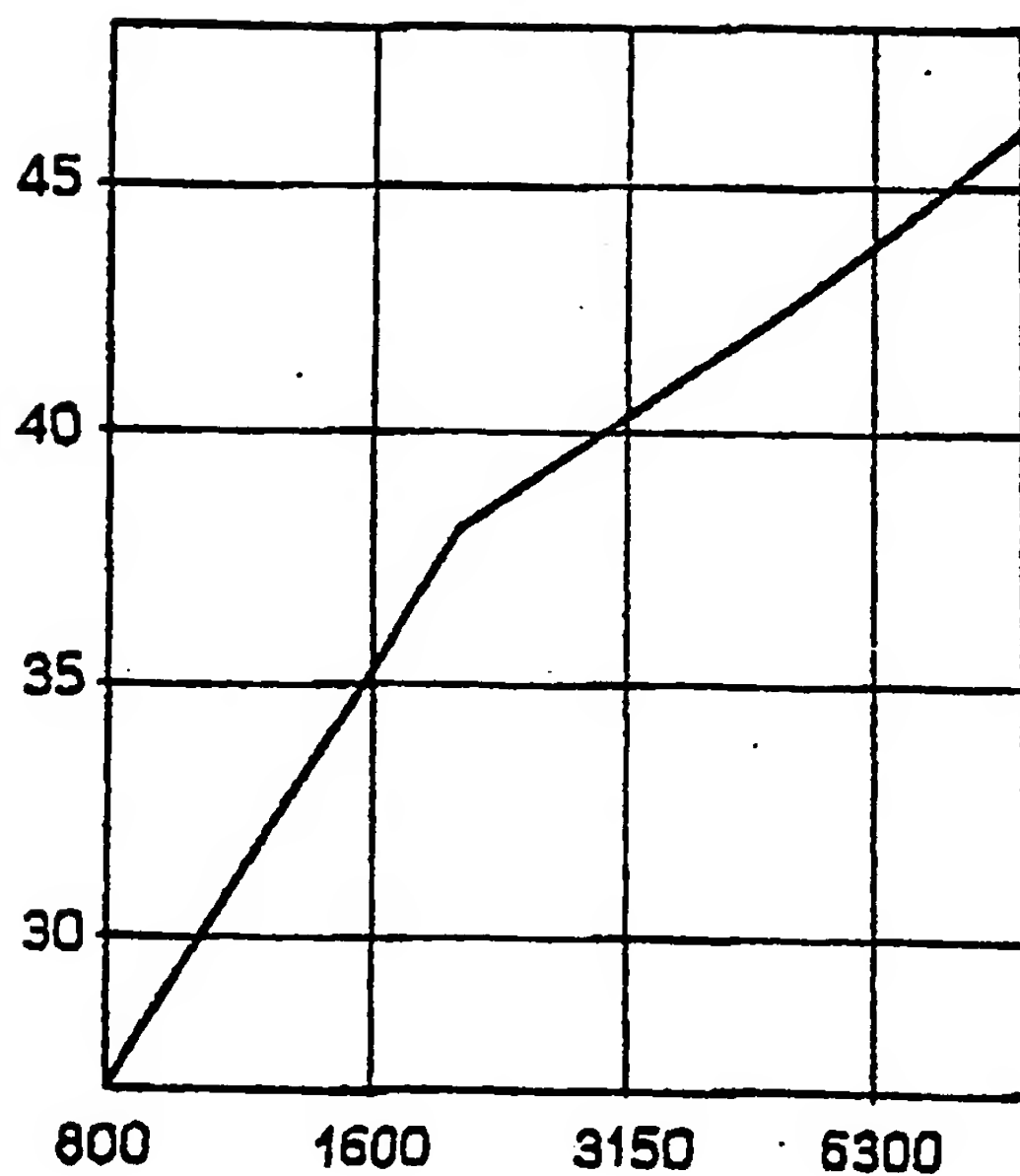
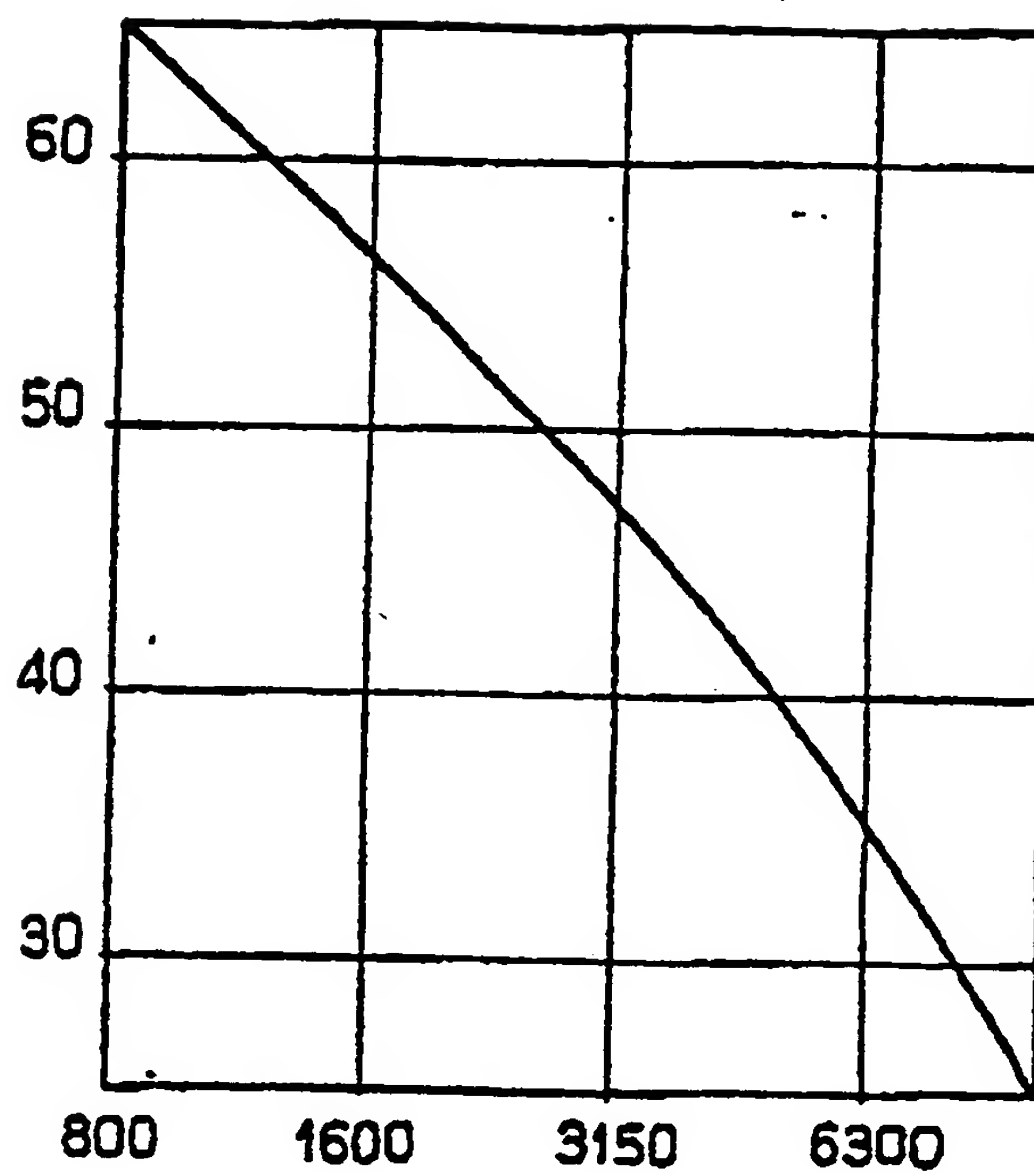


FIG.4

- 20 -

FIG. 5

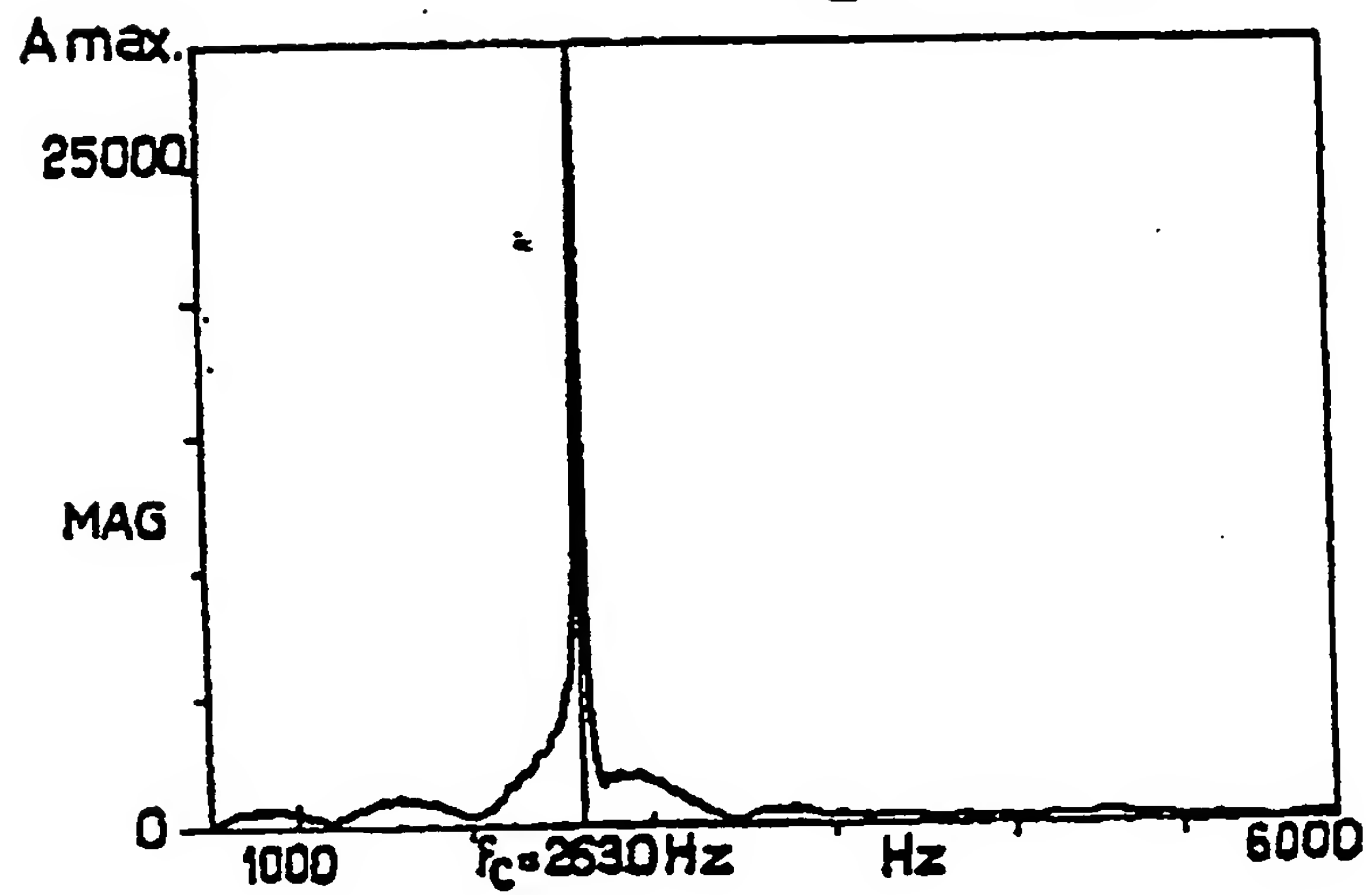
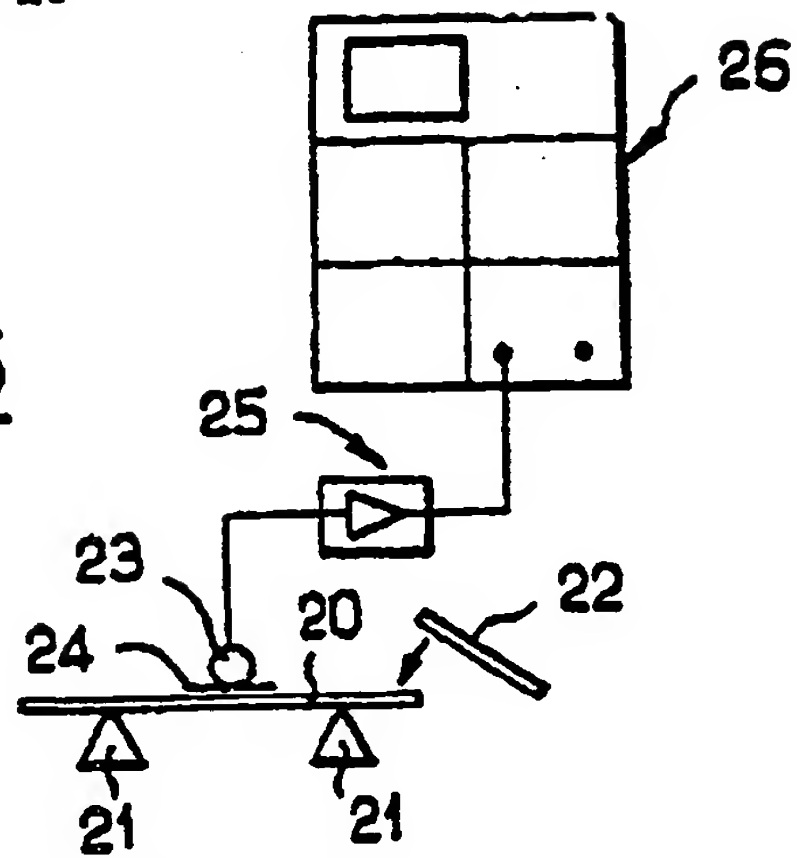


FIG. 6

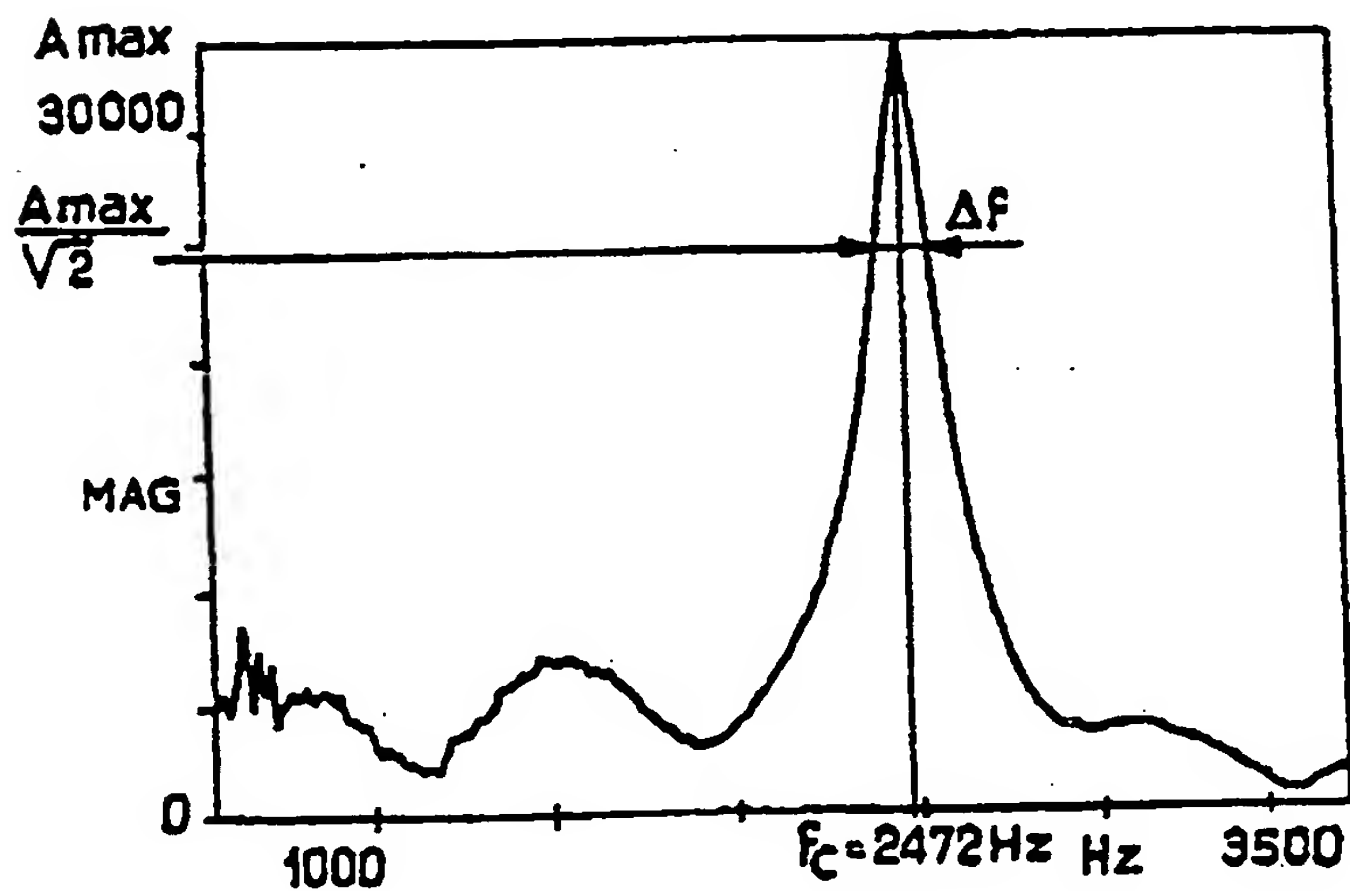


FIG. 7

